

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Patricija Ivoš

ISTRAŽIVANJE ZRAKOPLOVNIH NESREĆA
UZROKOVANIH NEPRAVILNIM PLANIRANJEM I
IZRAČUNOM LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA
ZRAKOPLOVA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Osnove tehnike zračnog prometa**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5016

Pristupnik: **Patricija Ivoš (0135242099)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Istraživanje zrakoplovnih nesreća uzorkovanih nepravilnim planiranjem i izračunom liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova**

Opis zadatka:

U radu je potrebno definirati ključne parametre i procese koji se koriste kod uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te dokumentaciju koja je potrebna da se kvalitetni izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova realizira. Nadalje, potrebno je istražiti na globalnoj razini koji su bili glavni uzročnici zrakoplovnih nesreća uzorkovanih nepravilnim planiranjem i izračunom liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Na kraju rada potrebno je predložiti korektivne mjere s ciljem smanjenja broja nesreća uzrokovanih nepravilnim uravnoteženjem i opterećenjem zrakoplova.

Mentor:



doc. dr. sc. Igor Štimac

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

**ISTRAŽIVANJE ZRAKOPLOVNIH NESREĆA
UZROKOVANIH NEPRAVILNIM PLANIRANJEM I
IZRAČUNOM LISTE URAVNOTEŽENJA I OPTEREĆENJA
ZRAKOPLOVA**

**INVESTIGATION OF AIRCRAFT ACCIDENTS CAUSED BY
IMPROPER WEIGHT AND BALANCE CALCULATION**

Mentor: Doc. dr. sc. Igor Štimac

Student: Patricija Ivoš

JMBAG:0135242099

Zagreb, kolovoz 2019.

SAŽETAK

U završnom radu se opisuju aerodinamičke sile, mase i težište koji su važni za proces izračuna uravnoteženja i opterećenja. Nadalje su objašnjene metode izračuna centra težišta, dokumentacija i tijek prijenosa informacija do Ureda za uravnoteženje i opterećenje s ciljem kvalitetnog i sigurnog uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. U nastavku su navedene zrakoplovne nesreće uzrokovane nepravilnim izračunom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Na samom kraju rada prikazan je primjer Liste uravnoteženja i opterećenja na zrakoplovu Airbus A320 s centrom težišta unutar dozvoljenih granica i izvan dozvoljenih granica. Uz navedeno, prikazani su računalni sustavi koje koriste zračne luke u Republici Hrvatskoj za izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova s ciljem povećanja sigurnosti i smanjenja rizika od zrakoplovnih nesreća uzrokovanih pogrešnim planiranjem ili izračunom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

Ključne riječi: centar težišta; sigurnost; lista uravnoteženja i opterećenja; zrakoplovne nesreće;

SUMMARY

In this final paper are described aerodynamical forces, mass and center of gravity which are important for calculation of load instruction report of the aircraft. Following are described methods of calculation center of gravity, documentation and flow of the information that are necessary for making the Load sheet. Furthermore, are described aircraft accidents caused by improper weight and balance calculation. At the end of this paper it is showed process of making Load sheet for Airbus A320 with center of gravity within and outside allowed limits. With all that are showed systems for calculation of weight and balance of the aircraft that are used in Republic of Croatia with main goal to prevent aircraft accidents caused by improper weight and balance calculation.

Key words: center of gravity; safety; Load sheet; aircraft accidents;

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Osnovni parametri uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.....	2
2.1. Aerodinamičke sile i momenti	2
2.2. Mase zrakoplova	3
2.2.1. Maksimalne mase zrakoplova.....	3
2.2.2. Stvarne mase zrakoplova	4
2.2.3. Operativne mase zrakoplova.....	5
2.3. Težište zrakoplova.....	6
2.4. Metode izradbe liste uravnoteženja i opterećenja	7
3. Distribucija informacija prema službi za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova	11
3.1. Putnički Manifest	11
3.2. Teretni Manifest	12
3.3. Notification to Captain – NOTOC	15
3.4. Podaci o gorivu.....	17
3.5. Specijalna dokumentacija.....	17
3.6. Plan utovara (Loading Instruction – LIR)	18
3.7. Tijek distribucije informacija	19
3.7.1. Informacije koje dostavlja Služba za prihvrat i otpremu tereta	21
3.7.2. Informacije koje dostavlja Služba za prihvrat i otpremu putnika i prtljage	24
4. Zrakoplovne nesreće uzrokovane nepravilnim izračunom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.....	25
4.1. Zrakoplovna nesreća Air Midwest let 5481	26
4.2. Zrakoplovna nesreća National Air Cargo B747-400 let N8-102	28
4.3. Zrakoplovna nesreća Cessna T310Q.....	29
4.4. Zrakoplovna nezgoda Korean Air let KAL520.....	30

5. Simulacija pogrešnog izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova- studija slučaja	33
5.1. Opis postupka izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.....	33
5.2. Scenariji izrade lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320.....	38
5.2.1. Izrada liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A320 unutar dozvoljenih granica	40
5.2.2. Izrada liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A320 izvan dozvoljenih granica	42
6. Unapređenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u funkciji sprječavanja zrakoplovne nesreće.....	44
7. Zaključak	47
LITERATURA	48
POPIS KRATICA.....	50
POPIS SLIKA.....	53
POPIS TABLICA	54
POPIS GRAFIKONA	55

1. Uvod

Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova je vrlo bitan postupak koji se provodi prije svakog leta. Pravilno uravnoteženje i opterećenje utječe na sigurnost i performanse zrakoplova. Da bi se izradila lista uravnoteženja i opterećenja potrebne su informacije o zrakoplovu, teretu i pošti, gorivu te putnicima, posadi i njihovoj prtljazi koja se nalazi na letu.

Listu uravnoteženja i opterećenja potpisuje kapetan zrakoplova i time potvrđuje da je ona pregledana, točna i izrađena prema pravilima. Tek nakon te potvrde zrakoplov se smije pustiti na let.

U ovom radu navedeni su osnovni parametri potrebni za izradu liste uravnoteženja i opterećenja, dokumentacija koja je potrebna za izradu iste i tijekom distribucije potrebnih informacija.

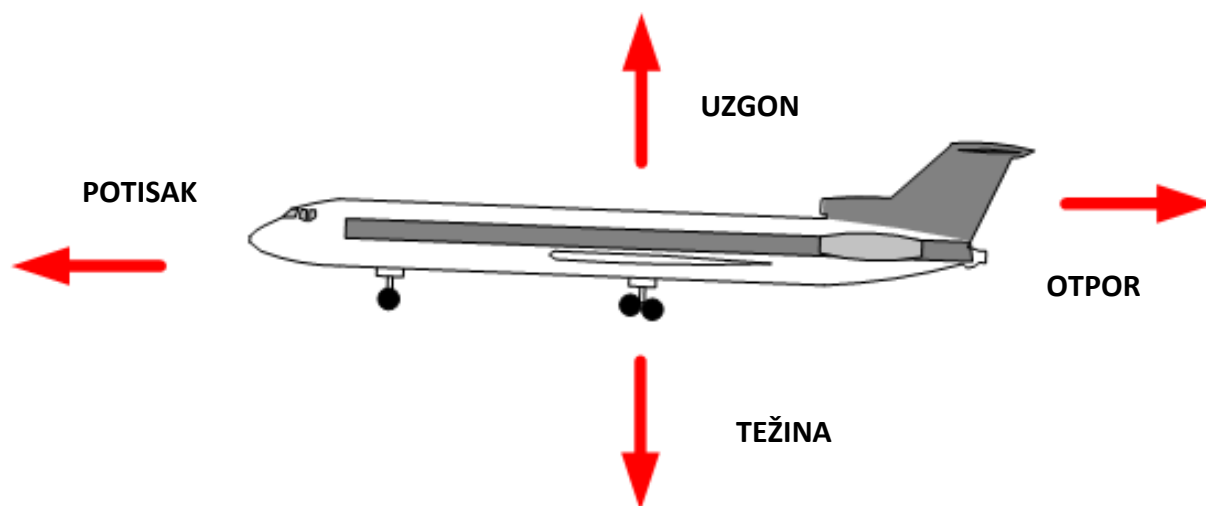
Nadalje, opisani su parametri koji mogu rezultirati zrakoplovnom nesrećom, napravljena je studija slučaja na zrakoplovu A320 u slučaju izbacivanja zrakoplova iz centra težišta te ponuđena rješenja kako bi se smanjio broj zrakoplovnih nesreća uzrokovanih pogrešnim izračunom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.

2. Osnovni parametri uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

Međudjelovanje aerodinamičkih sila je bitno da bi zrakoplov mogao letjeti. Masa utječe na silu težu stoga je bitna za izračun težišta zrakoplova. Postoje maksimalne, stvarne i operativne mase.

2.1. Aerodinamičke sile i momenti

Na zrakoplov u letu utječu četiri sile koje su prikazane na slici 1., a to su sila uzgona, sila teže, sila otpora i potisna sila koje se međusobno poništavaju.



Slika 1. Sile koje djeluju na zrakoplov u letu

Izvor: [11]

Na krilima zrakoplova, koja su ujedno i noseće površine, nastaje sila uzgona. Gornja površina krila je više zaobljena od donjeg krila te zbog toga dolazi do razlike u tlakovima. Kod povećanja brzine zrakoplova strujanje zraka na gornjaci je veće i tlak manji, dok je na donjaci suprotno. Zbog razlike u tlakovima dolazi do stvaranja sile uzgona koja pomiče krila prema gore. Sila uzgona se također može povećati ugradnjom pretkrilca i zakrilca.

Sila suprotna sili uzgona je sila teže, a ona predstavlja ukupnu masu zrakoplova i odgovara gravitacijskoj sili zemljine teže.

Silu potiska stvaraju motori koja omogućuje zrakoplovu kretanje zrakom, dok sila otpora to sprječava.

Uz navedene sile još se pojavljuje i moment, umnožak sile i kraka na kojem djeluje. On može biti pozitivan, ako se nos zrakoplova podiže, ili negativan, ako zrakoplov ponire. Da bi zrakoplov bio u ravnoteži, zbroj momenata na osi y mora biti jednak nuli. Na y osi djeluje raspored tereta koji pomiče težište zrakoplova prema naprijed ili nazad. Da bi moment bio jednak nuli, potrebno je izračunati položaj težišta koji se izražava u postocima srednje aerodinamičke tetive (*engl. Mean Aerodynamic Chord*), a izražava se u %MAC.¹

2.2. Mase zrakoplova

Prilikom izračunavanja uravnoteženja i opterećenja koriste se mase zrakoplova koje je odredio proizvođač zrakoplova. Odnos masa prikazan je na slici 2.

2.2.1. Maksimalne mase zrakoplova

Maksimalne mase zrakoplova određuje proizvođač zrakoplova, a uvjetovane su strukturalnom čvrstoćom zrakoplova i/ili performansama zrakoplova u fazama leta. One predstavljaju sigurnosnu granicu zrakoplova i ako se prekorače može doći do poremećaja strukture zrakoplova i narušavanja sigurnosti leta.

- Maksimalna konstrukcijska masa zrakoplova na stajanci (*engl. Maximum Design Ramp Mass, MDRM*) - najveća masa potpuno opterećenog zrakoplova. Zrakoplov se ne smije kretati vlastitom snagom motora niti zemaljskim sredstvima.
- Maksimalna konstrukcijska masa za vožnju po zemlji (*engl. Maximum Design Taxi Mass, MDTM*)- najveća masa koju može imati zrakoplov tijekom eksploatacije.
- Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri polijetanju (*engl. Maximum Take-off Mass, MTOM*) - najveća masa koju zrakoplov smije imati kod polijetanja, kada je poravnan s osi uzletno sletne staze. U nju se ne ubraja težina potrošenog goriva za pokretanje motora i rulanje po voznoj stazi.

¹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 182

- Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva (*engl. Maximum Zero Fuel Mass, MZFM*) – najveća težina koju zrakoplov može imati bez goriva.
- Maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri slijetanju (*engl. Maximum Landing Mass, MLM*) – najveća masa zrakoplova kod kojeg može sigurno sletjeti. Ako se prekorači može doći do oštećenja stajnog trapa, spojeva krila i trupa zrakoplova. Razlika između MTOM i MLM je u potrošenom gorivu.²

2.2.2. Stvarne mase zrakoplova

Stvarne mase zrakoplova se izračunavaju na listi opterećenja, a predstavljaju mase kojima se zrakoplov kreće po manevarskim površinama, polijeće i slijeće. One mogu biti manje ili jednake dopuštenima, ali se uvijek teži ka tome da budu manje.

- Tvornička masa praznog zrakoplova (*engl. Manufacturer's Empty Mass, MEM*) – masa zrakoplova koji se isporučuje prijevozniku, a uključuje osnovne dijelove, motore, instalacije i ostalu obaveznu opremu.
- Osnovna masa praznog zrakoplova (*engl. Basic Empty Mass, BEM*) – tvornička masa zrakoplova sa neiskorištenim gorivom i svim ostalim tekućinama potrebnim za let.
- Osnovna masa zrakoplova (*engl. Basic Mass, BM*) – osnovna masa praznog zrakoplova i opreme koja nije uključena u BEM i može se razlikovati ovisno o letu, npr. dodatni navigacijski sustavi, oprema u slučaju opasnosti, priručnici, itd.
- Stvarna masa zrakoplova bez goriva (*engl. Actual Zero Fuel Mass, AZFM*) – zbroj suhe operativne mase (*engl. Dry Operating Mass, DOM*) i ukrcanog tereta.
- Stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju (*engl. Actual Take-off Mass, ATOM*) – zbroj operativne mase (*engl. Operating Mass, OM*) i ukrcanog tereta.
- Stvarna masa zrakoplova pri slijetanju (*engl. Actual Landing Mass, ALM*) – masa zrakoplova pri uzlijetanju koja je umanjena za potrošeno gorivo.³

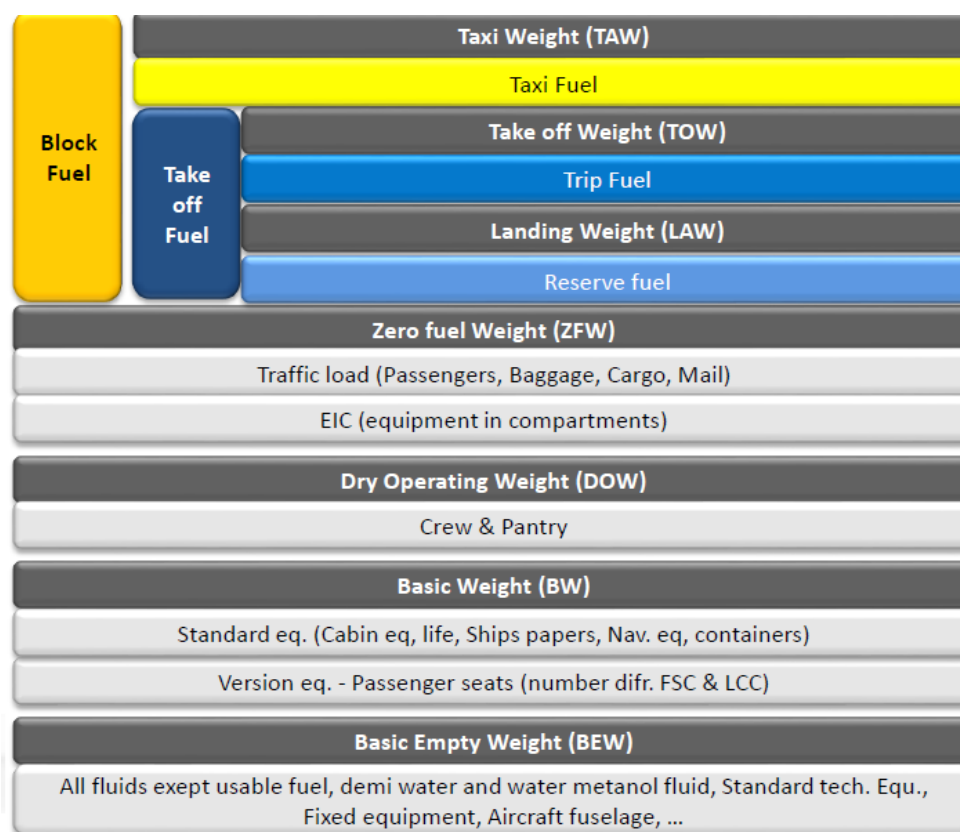
² Ibid, str. 183

³ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 184

2.2.3. Operativne mase zrakoplova

Operativne mase služe za izračun uravnoteženja i opterećenja i da bi se provjerilo je li došlo do prekoračenja dozvoljenih masa.

- Suha operativna masa (*engl. Dry Operating Mass, DOM*) – osnovna masa zrakoplova na koju se dodaje masa hrane, pića, posade i njihove prtljage. Ovisi o letu i broju članova posade. Kako bi se izračunalo težište zrakoplova određen je i „operativni indeks“ (*engl. Dry Operating Index, DOI*) koji se nalazi, zajedno sa DOM, u priručniku zračnog prijevoznika.
- Operativna masa (*engl. Operating Mass, OM*) – suha operativna masa i gorivo koje je potrebno za let.⁴



Slika 2. Odnos masa zrakoplova

Izvor: [10]

Za izračun uravnoteženja i opterećenja još se koristi i:

⁴ Ibid. Str. 185

- Plaćeni teret (*engl. Payload, P/L*) – težina putnika, prtljage, pošte i robe. Ovisi o letu i vrsti zrakoplova, a maksimalna vrijednost se dobije oduzimanjem operativne mase praznog zrakoplova od maksimalne mase zrakoplova bez goriva.
- Putno gorivo (*engl. Trip fuel*) – gorivo koje se sastoji od goriva za polijetanje, penjanje, krstarenje, poniranje i slijetanje.
- Gorivo pri polijetanju (*engl. Take Off Fuel*) – sastoji se od putnog goriva i rezervnog goriva.⁵

2.3. Težište zrakoplova

Centar težišta zrakoplova pokazuje točka koja se naziva centar gravitacije (*engl. Center of gravity, CG*) i mora ostati unutar operativnih granica kako bi se održala ravnoteža zrakoplova.

Kada je težište na prednjem dijelu pojavljuju se sljedeće osobine:

- potrebno promijeniti napadni kut krila, upotrijebiti veću silu na upravljačku palicu zrakoplova;
- ako dođe do prijelaza granice, pilot pri odklonu kormila, više ne može dostići maksimalni koeficijent uzgona potreban za slijetanje što rezultira većom brzinom od one koja je potrebna i ugrožava sigurnost. Slično se događa prilikom polijetanja. Zrakoplov se teže kreće i potrebna mu je veća brzina za polijetanje, a samim time i duža uzletno sletna staza. Za ostvarenje horizontalnog leta potrebno je korigiranje, koje uzrokuje dodatan otpor i veću potrošnju goriva.

Ako je težište zrakoplova na zadnjem dijelu onda dolazi do:

- promjene napadnog kuta malim, laganim pokretima na upravljačkoj palici. To je znak da je zrakoplovom lako upravljati jer ima malu uzdužnu stabilnost;
- ako težište padne u takozvanu „neutralnu točku“ zrakoplov se ponaša kao list papira u slobodnom padu;

⁵ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 186

- pomakom težišta unazad korigiranje je malo ili nepotrebno, te je smanjena potrošnja goriva.⁶

Obje granične vrijednosti imaju dvije vrijednosti za koje je zrakoplov ispitan i zadovoljava sve kriterije, a one su:

- certificirane granične vrijednosti (*engl. Certified limits*) koje zahtijevaju veći opseg mogućih položaja težišta;
- operativne granične vrijednosti (*engl. Operational limits*) koje pokrivaju uži opseg od certificiranih graničnih vrijednosti. Njihov se opseg smanjuje kako bi se povećala sigurnost letenja. Operativne vrijednosti su vidljive na grafikonu na listi uravnoteženja i opterećenja zrakoplova.⁷

Na listi uravnoteženja i opterećenja su prikazane operativne granične vrijednosti. Ako zrakoplov ima masu veću od operativnih graničnih vrijednosti, isti ne može i ne smije poletjeti.

2.4. Metode izradbe liste uravnoteženja i opterećenja

Postoje tri metode za izračun uravnoteženja i opterećenja, a to su:

1. Analitičko-matematička metoda – položaj težišta se izračunava pomoću koordinatnog sustava u kojem se momenti svih težinski mjerljivih sustava dijele s vlastitom masom. Centar gravitacije se dobije množenjem masa sustava i kraka na kojem djeluje. Potrebno je najprije izračunati masu za svaki dio praznog zrakoplova, a onda i nakon što je ukrcan teret. Ova metoda se ne koristi u svakodnevnom izračunu, već za određivanje početnog položaja točke težišta zrakoplova.
2. Indeksna metoda – da bi se uklonile pogreške u preračunavanju uveo se bezdimenzionalni cijeli broj (indeks). On je moment koji u sprezi s masom određuje položaj težišta. Početni indeks za pojedini zrakoplov iz svoje flote određuje prijevoznik, a on se očitava iz tablice.

⁶ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 186-187

⁷ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 186-187

3. Grafička metoda- metoda kojom se uklanjaju moguće pogreške u izračunu, ali je nedostatak kod ucrtavanja kemijskom olovkom po malom dijagramu. Za izračun je potrebno putničku kabinu, spremnike za gorivo i teretni prostor podijeliti u odsječke. Što se centar težišta više kreće prema naprijed, raste negativni moment i obrnuto.

Lista se izrađuje ručno, prikazana na slici 3., ili elektronski, slika 4. Prednost elektronske izrade je laka pohrana podataka, preciznost izračuna i jednostavna i brza izrada liste uravnoteženja i opterećenja.⁸

⁸ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 189

CROATIA AIRLINES

LOAD & TRIM SHEET
OB-PSU-004/1

A320-214

VER 174 PAX

INDEX CORRECTION ZONES

Index at ZFW
 Index at TOW

MAC at ZFW
 MAC at TOW

INDEX CORRECTION ZONES

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

INDEX

LOAD SHEET
ALL WEIGHTS IN KILOS

CHECKED: PAMLECTO
APPROVED: *[Signature]*

DATE: 09 JUL 12
TIME: 1243

FROM/TO FLIGHT: ZAG SPJ 00652/00
A/C REG: 9ACTK
VERSION: C12M144
CREW: 2/4
TIME: 1243

WEIGHT DISTRIBUTION

LOAD IN COMPARTMENTS: 1076 1/0 3/515 4/561 5/0

PASSENGER/CABIN BAG: 7937 54/42/7/1 TTL 104 CAB 0
CM 1/102

TOTAL TRAFFIC LOAD: 9013

DRY OPERATING WEIGHT: 43446 GRP A1

ZERO FUEL WEIGHT: 52459 MAX 61000 L ADJ

TAKE OFF FUEL: 4500

TAKE OFF WEIGHT: 56959 (FIVE SIX NINE FIVE NINE)
MAX 73500 ADJ

TRIP FUEL: 1600

LANDING WEIGHT: 55359 MAX 64500 ADJ

BALANCE AND SEATING CONDITIONS LAST MINUTE CHANGES

DOI 45,70 DEST SPEC CL/CPT PLUS MINUS

LIZFW 61,49

MACZFW 30,21

LITOW 61,59

MACTOW 29,84

(TWO NINE EIGHT FOUR)

STABTO 0,29 AND NOSE DOWN

(ZERO TWO NINE)

LILAW 63,29

MACLAW 30,71

OA 1 OA 21 OB 48 OC 33

UNDERLOAD BEFORE LMC 8541 LMC TOTAL + -

SERVICE WEIGHT ADJ WGT/IND

ADDITIONS

NI L

DEDUCTIONS

NI L

CAPTAINS INFORMATION BEFORE LMC

ZFW LIM: FWD +38,69 / AFT +77,61

DEADLOAD BREAKDOWN

	TTL	1	3	4	5	6
-SPJ						
T	0					
B	73/1076		35/ 515	38/ 561		
C	0					
E	0					
M	0					
	1076	0	515	561	0	0

PASSENGER BREAKDOWN

	TOTAL	PER CLASS	PER CATEGORY
-SPJ			
	103 +1	1/102	54/42/7/1

Slika 4. Elektronski izrađena Lista uravnoteženja i opterećenja
Izvor: [12]

3. Distribucija informacija prema službi za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova

Kako bi se izradila lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova potrebno je prikupiti podatke od svih službi. Cilj toga je da se ne prođu maksimalne vrijednosti nosivih teretnih prostora i ne ugrozi sigurnost putnika, posade i djelatnika zračne luke.

Potrebno je poštovati uvjete i propise proizvođača zrakoplova koje se nalaze u GOM (*engl. Ground Operation Manual*), SOM (*engl. Station Operation Manual*) i FOM (*engl. Flight Operation Manual*). U njima se nalaze mase i indeksi određenog tipa zrakoplova, unutrašnjost putničke kabine i raspored teretnog prostora.⁹

3.1. Putnički Manifest

Nakon zatvaranja leta, Služba za registraciju putnika šalje popis svih putnika koji se nalaze na određenom letu kontroloru opsluživanja koji ih donosi u zrakoplov. Popis putnika prikazan je na slici 5., a sadrži točan broj muškaraca, žena i djece, u kojoj klasi putuju i količinu njihove predane prtljage.

⁹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 200


GENERAL DECLARATION (Outward-Inward)		
Operator		
Mark of Nationality and Registration *	Flight No	Date
Departure from	Arrival at	
(Place)	(Place)	

FLIGHT ROUTING
 ("Place" Column always to list origin, every en-route stop and destination)

Slika 5. Lista putnika
Izvor: [13]

Uz putnički manifest, za izradu liste uravnoteženja i opterećenja, potreban je i popis tereta koji se nalazi u teretnom manifestu, prikazanom na slici 6. On sadrži količinu tereta koja će biti ukrcana u zrakoplov i njegovu masu. Ako se u zrakoplov ukrcava specijalna kategorija tereta ili opasni teret, isti također mora biti naveden u teretnom manifestu prema IATA pravilniku o

opasnoj robi (*engl. Dangerous goods regulations, DGR*). Također u slučaju da neka pošiljka zahtijeva specijalno rukovanje, pakiranje, skladištenje ili slično, to treba biti naznačeno.¹⁰



09:26 06/23/14 **CARGO MANIFEST Type 4**

Owner or Operator: Lufthansa Cargo

Marks of Nationality/Registration Number: DAIRN **Flight No:** LH 1415 **Date:** 13Jun14

Point of loading: Zagreb, ZAGREB, CROATIA **Point of unloading:** Frankfurt, FRANKFURT INTL GERMANY

Pallet/ULD No: LOCO/Transit:				For use by owner/operator			
No	Air Waybill and Part No	No Of Pieces	Nature of goods	Gross Weight	ORI/DES	SHC	Official use
ULD: BULK FRA							
1	020-61551906	1	CONSOLIDATION	51,0	ZAG/PHX		X 14HR030236E0 076926
	Total	1		51,0			
Manifest Totals		1		51,0			

Slika 6. Teretni manifest
Izvor: [12]

Teretni manifest se izrađuje na temelju podataka iz zračnog tovarnog lista (*engl. Air Waybill, AWB*, slika 7.) koji predstavlja ugovor o prijevozu tereta. Ukoliko se na letu ne nalazi teret izdaje se teretni manifest i upisuje se oznaka NIL (*engl. No Item Loaded*).

¹⁰ Boc, K. : Nastavni materijali, Predmet „Prihvat i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.

020-6871 5636

TEL. OBAUJEST 23.06

Shipper's Name and Address SONY PICTURES ENTERTAINMENT INC. 150 ROGER AVENUE INWOOD, NY 11096		Shipper's Account Number		Not Negotiable Air Waybill LUFTHANSA CARGO AG Issued by COLOGNE	
Consignee's Name and Address CONTINENTAL FILM ZAGREB, CROATIA ZAVRTNICA 17 ZAGREB 1000, CROATIA ATTN: MARTIN MILINKOVIC TEL: 385-1-6194-660		Consignee's Account Number		ZAG 19/0830 020-68715636 HEA SPX SLY GEN Accounting Information FREIGHT : PREPAID TSA# WP-00-08-008 TD. PRO QUOTATION NO. 1406-027125	
Issuing Carrier's Agent Name and City SONY SUPPLY CHAIN SOLUTIONS(AMERICAS)INC 5422 WEST ROSECRAVENS AVE 2F HAWTHORNE, CA 90250		Agent's IATA Code 01-1-8540/0016		Account No.	
Airport of Departure (Acad. of First Carrier) and Requested Routing LOS ANGELES LAX-MUC-ZAG		Reference Number 64939		Optional Shipping Information FILE#:AE20020062	
To	By First Carrier	By	Currency	WT/VOL	Other
MUC	LH	ZAG LH	USD	PP X	X
Airport of Destination ZAGREB		Amount of Insurance LH453/17 LH7450/16		Declared Value for Carriage N. V. D.	
PLS. NOTIFY CNEE UPON ARRIVAL IMMEDIATELY, TKS. ATTN: MARIO LJUBIC - TEL: 385-1-6194-672 These commodities, technology or software were exported from the United States in accordance with the Export Administration Regulations. Ultimate destination CROATIA					
No. of Pieces RCP	Gross Weight	Rate Class Commodity Item No.	Chargeable Weight	Rate Charge	Total
1	311.0 K G		354.0	3.73	1,320.42
DIM.: 80X60X27 cm Advertising Materials: "DELIVER US FROM EVIL" INTL STANDEES - ENGLISH INV. NO. 64939 1 SKID STC 22 CTNS NDEEI 30.37 (A) - LOW VALUE 21.41					
1	311.0		354.0	3.73	1,320.42
Prepaid		Weight Charge		Other Charges	
		1,320.42		SSC 88.50	
Valuation Charge				CARGO SC 49.56	
Total Other Charges Due Agent					
Total Other Charges Due Carrier					
545.16					
Total Prepaid		Total Collect			
1,865.58					
Currency Conversion Rates		CC Charges in Dest. Currency			
For Carriers Use only at Destination		Charges at Destination		Total Collect Charges	
030236/440/30 12 030236/440/30 12 SONY PICTURES ENTERTAINMENT INC. Signature of Shipper or his Agent 06/14/14 LOS ANGELES, CA JOE LEB Signature of Issuing Carrier or its Agent 020-6871 5636 ORIGINAL 2 (FOR CONSIGNEE) EA 1548-01-01D					

Slika 7. Zračni teretni list
Izvor: [12]

3.3. Notification to Captain – NOTOC

Ako se u zrakoplovu nalazi opasna ili specijalna vrste robe, u tri primjerka se ispunjava obavijest kapetanu (*engl. Notification to Captain, NOTOC*). On sadrži vrstu i količinu specijalne robe, broj AWB, sadržaj i masu te robe.¹¹

Izdaje se kako bi kapetan mogao stvoriti posebne uvijete u robnom prostoru (npr. tlak i temperaturu) i reagirati u izvanrednim situacijama, a prikazan je na slici 8.

¹¹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 200

SPECIAL LOAD – NOTIFICATION TO CAPTAIN				
Station of Loading /ZAG	Flight Number	Date	Aircraft Registration	Reported By
	OU366	15Jun14	9AC11	Ms. Danijela Begonovic

DANGEROUS GOODS														
Station of unloading	Airway/bill number	Proper shipping name	Class or Division for class 1 Compat.grp	UN or ID number	Sub Risk	Number Of Packages	Net quantity	Radio Active	Packing Group	Code	CAO (s)	Drill Code	Loaded ULD ID	Position
1 SKP	83150219223	ISOPROPANOL	3	UN1219		1	0,014 L		II	RFL		3L		
		SODIUM HYDROXIDE SOLUTION	8	UN1824		1	0,005 L		II	RCM		8L		
		BATTERY FLUID, ACID	8	UN2796		1	0,800 L		II	RCM		8L		
2 SKP	83150219245	SODIUM HYDROXIDE SOLUTION	8	UN1824		1	1,440 L		III	RCM		8L		
		SODIUM HYDROXIDE SOLUTION	8	UN1824		1	0,740 L		II	RCM		8L		
		POTASSIUM HYDROXIDE SOLUTION	8	UN1814		1	0,900 L		II	RCM		8L		
		HYDROCHLORIC ACID	8	UN1789		1	2 L		III	RCM		8L		
		HYDROCHLORIC ACID	8	UN1789		7	4 L		III	RCM		8L		
OVERPACK USED TTL NET QTY 30,00L														

OTHER SPECIAL LOAD								
Stat of unloading	Airway bill Number	Content and Description	Number Of packages	Quantity	Supplementary Information	Code	Loaded	Position
							ULD ID	
SKP	83150218954	DIAGNOSTICS NR	122	913		PER		
SKP	83150219223	DIAGNOSTIC REAGENTS	8	53.5		PER		

Slika 8. NOTOC
Izvor: [12]

3.4. Podaci o gorivu

Posada zrakoplova mora dostaviti podatke o količini goriva koji se nalazi u spremnicima zrakoplova (*engl. Block fuel*), količini goriva potrebnog za pokretanje motora i rulanje po voznoj stazi (*engl. Taxi fuel*), za polijetanje (*engl. Take-off fuel*) i količini goriva za put i slijetanje (*engl. Trip fuel*).

3.5. Specijalna dokumentacija

Izdaje se ako se na letu nalazi posebna kategorija putnika kao što su nepraćena djeca (*engl. UM – Unaccompanied Minor*), bolesni putnici ili putnici sa smanjenom pokretljivošću (*engl. PRM – Passengers with Reduced Mobility*). Oni moraju potpisati izjavu o naknadi štete.

Kategorije PRM putnika su:

- WCHR (*engl. Wheelchair Ramp*) – putnik koji treba kolica od/do zrakoplova,
- WCHS (*engl. Wheelchair Stairs*) – putnik koji treba kolica od/do zrakoplova i po stepenicama,
- WCHC (*engl. Wheelchair Chair*) – potpuno nepokretan putnik koji treba kolica od/do zrakoplova, po stepenicama i do svojeg mjesta,
- STCR (*engl. Stretcher*) – putnik na nosilima,
- MEDA (*engl. Medical*) – medicinski slučaj,
- LEGL/LEGR/LEGB (*engl. Leg Left, Leg Right, Leg Both*) – putnik s lijevom/desnom/obje noge u gipsu,
- OXYG (*engl. Oxygen*) – putnik koji za vrijeme leta treba bocu s kisikom,
- BLIND – slijepi putnik,
- DEAF – gluhi putnik.¹²

¹² Bračić, M., Pavlin, S: Radni materijal, Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

3.6. Plan utovara (Loading Instruction – LIR)

Zasniva se na temelju podataka koji se odnose na teret, poštu i broj putnika prikupljenih 24 sata prije leta. Popunjava se za svaki zrakoplov u dolasku, odlasku i tranzitu. Sadrži nacrt svih teretnih prostora zrakoplova, uputu za utovar/istovar, uputu za utovar specijalnog tereta, izvješće o stvarnom broju utovarenog tereta i razliku u odnosu na predviđeno stanje. Na plan utovara se upisuje broj leta, datum leta, polazna zračna luka, dolazna zračna luka, registracija zrakoplova, masa tereta ukrcana u prtljažnike zrakoplova, specijalne instrukcije za utovar. Potpisuju ga osoba zadužena za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova i kontrolor opsluživanja zrakoplova, a prikazan je na slici 9.¹³

¹³ Krvavica Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 prijevoznika Croatia Airlines“ Zagreb, 2018.

nju stavlja prtljažni privjesak (*engl. Baggage tag*). Oni se izdaju preko DCS računanog sustava (*engl. Departure Control System*).¹⁴ Nakon zatvaranja leta, prikupljeni podaci o broju, spolu, klasi putnika i količini njihove ručne i predane prtljage šalju se putem istog sustava Uredu za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova. Uz osnovne podatke bitno je dostaviti broj transfernih putnika i količini njihove prtljage. Svi ti podaci su potrebni kako bi se mogla izračunati ukupna masa svih putnika s njihovom ručnom prtljagom, čija se podjela nalazi u tablici 1. kao i masa predane prtljage.

Tablica 1. Masa putnika ovisno o njihovoj dobi i spolu

	Redovni letovi	Izvanredni letovi
Muškarac	88 kg	83 kg
Žena	70 kg	69 kg
Dijete	35 kg	35 kg
Bebe	0 kg	0 kg

Izvor: [10]

Uz navedeno, potrebne su i informacije od službe za prihvati i otpremu tereta (*engl. Cargo*) o planiranoj količini tereta i pošte koji bi trebao biti utovaren u određeni zrakoplov. Također planira se količina goriva koja je potrebna za let i broj posade. U tablici 2. su prikazane standardne mase posade u koju je uključena i masa njihove prtljage.

Tablica 2. Standardne mase posade

Letačka posada	96 kg
Kabinska posada	86 kg

Izvor: [10]

Na temelju tih podataka dobiva se informacija o očekivanoj masi praznog zrakoplova bez goriva (*engl. Estimated zero fuel mass – EZFM*). Pomoću nje vidljivo je koliku količinu tereta je moguće ukrcati u zrakoplov bez prelaska maksimalne konstruktivne mase zrakoplova (*engl. Maximum design zero fuel mass – MDZFM*), te se izrađuje plan utovara (LIR).

¹⁴ Hrženjak T. : Završni rad „Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u funkciji sigurnosti leta“, Zagreb, 2018.

U međunarodnom prometu registracija putnika počinje dva sata, a u domaćem sat i pol prije vremena polijetanja. U tom periodu prati se i ažurira broj putnika i njihova prtljaga, količina tereta i pošte te količina goriva koja je potrebna za let.¹⁵

U tablici 3. je prikazan vremenski standard za otvaranje šaltera Croatia Airlines, a razlikuje se ovisno o prijevozniku.

Tablica 3. Vremenski standard za Croatia Airlines

	Otvaranje šaltera	Zatvaranje leta	Zatvaranje šaltera
Domaći promet	Najmanje 60 minuta prije EDT	45 minuta prije EDT	15 min prije EDT
Međunarodni promet	Barem 90 minuta prije EDT	45 minuta prije EDT	20 min prije EDT

Izvor: [14]

Šalteri za registraciju putnika se zatvaraju 45 min prije procijenjenog vremena odlaska (*engl. Estimated Time of Departure, EDT*), u nekim slučajevima i pola sata prije leta te se nakon toga na let ne prihvaća nijedan putnik. Tada ured za uravnoteženje i opterećenje dobiva stvarne podatke o putnicima i njihovoj prtljazi i može krenuti u izradu liste uravnoteženja i opterećenja. Od Službe za prihvat i otpremu tereta se dobivaju podatci o količini tereta i pošte koji će biti ukrcani u zrakoplov, te od kapetana zrakoplova količina goriva potrebna za let.

Svi ti podatci moraju biti na vrijeme dostavljeni kako bi se stigla napraviti lista opterećenja i uravnoteženja i kako bi zrakoplov sigurno i na vrijeme poletio.¹⁶

3.7.1. Informacije koje dostavlja Služba za prihvat i otpremu tereta

Kao što je navedeno u prethodnim poglavljima, teret i pošta su dostavljeni puno prije nego je zrakoplov i sletio. Veliku ulogu predstavlja koordinacija Službe za prihvat i otpremu tereta sa Službom za prihvat i otpremu zrakoplova. Nakon što su provedene sve sigurnosne mjere, provjerena i utvrđena stvarna masa prihvaćenog tereta i pošte i pripremljena ukrcajna jedinica

¹⁵ Krvavica Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 prijevoznika Croatia Airlines“ Zagreb, 2018.

¹⁶ Krvavica Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 prijevoznika Croatia Airlines“ Zagreb, 2018.

Služba za prihvat i otpremu zrakoplova dostavlja sve podatke i koordinira sa Službom za prihvat i otpremu zrakoplov utovar po ukrcajnim odjeljcima zrakoplova. Ako postoji posebna vrsta tereta, o istoj se mora obavijestiti kapetana i pravilno se utovariti kako ne bi došlo do utovara u isti teretni odjeljak sa kategorijom s kojom ne smije biti.¹⁷

Posebne vrste tereta su:

1. Opasna roba (*DGR - Dangerous Goods*)
2. Lakopokvarljiva roba (*PER – Perishables*)
3. Žive životinje (*AVI – Live Animals*)
4. Posmrtni ostaci (*HUM – Human Remains*)
5. Živi ljudski organi (*LHO – Live Human Organs/Blood*)
6. Vrijednosne pošiljke (*VAL – Valuables*)
7. Teške pošiljke (*HEA – Heavy*)
8. Velike pošiljke (*BIG – Outsized items*)
9. Oružje, municija i drugi ratni materijali
10. Osobne stvari, nepraćena prtljaga
11. Tvari jakog mirisa
12. Pošiljke pakirane s ledom (*WET – Wet cargo*)
13. Servisna roba
14. Vozila
15. Rezervni dijelovi zrakoplova (*AOG – Aircraft on Ground*)¹⁸

Prema Zakonu o prijevozu opasne robe postoji 9 klasa opasnih tvari:

1. Eksplozivne supstance i predmeti koji se koriste za izvođenje eksplozija i pirotehničkih efekata
2. Plinovi pod tlakom ili u tekućem stanju
3. Zapaljive tekućine
4. Zapaljive čvrste tvari
5. Oksidirajuće tvari
6. Otrovnost i infektivne tvari
7. Radioaktivne tvari

¹⁷ Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

¹⁸ Majić, Z., Pavlin, S., Škurla Babić, R.: Tehnologija prihvata i otpreme tereta u zračnom prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.

Izvor: [10]

Žive životinje, posmrtni ostaci, opasna roba, teška roba se moraju osigurati i učvrstiti kako ne bi došlo do pomicanja tijekom leta. Informacija o prisutnosti tog tereta na letu se upisuje u rubriku specijalnih instrukcija. Učvršćenje se postiže ispunjenjem teretnog prostora, mrežnog odjeljka ili vezanjem. Da bi se spriječilo preveliko podno opterećenje i oštećenje strukture zrakoplova svaki proizvođač određuje granicu podne nosivosti zrakoplova. Ako teret prelazi granicu podne nosivosti postavljaju je proširivači koji moraju biti dovoljno čvrsti da izdrže pritisak i mora rasporediti masu tereta tako da je ona ispod ili do granične vrijednosti podne nosivosti.²⁰

3.7.2. Informacije koje dostavlja Služba za prihvat i otpremu putnika i prtljage

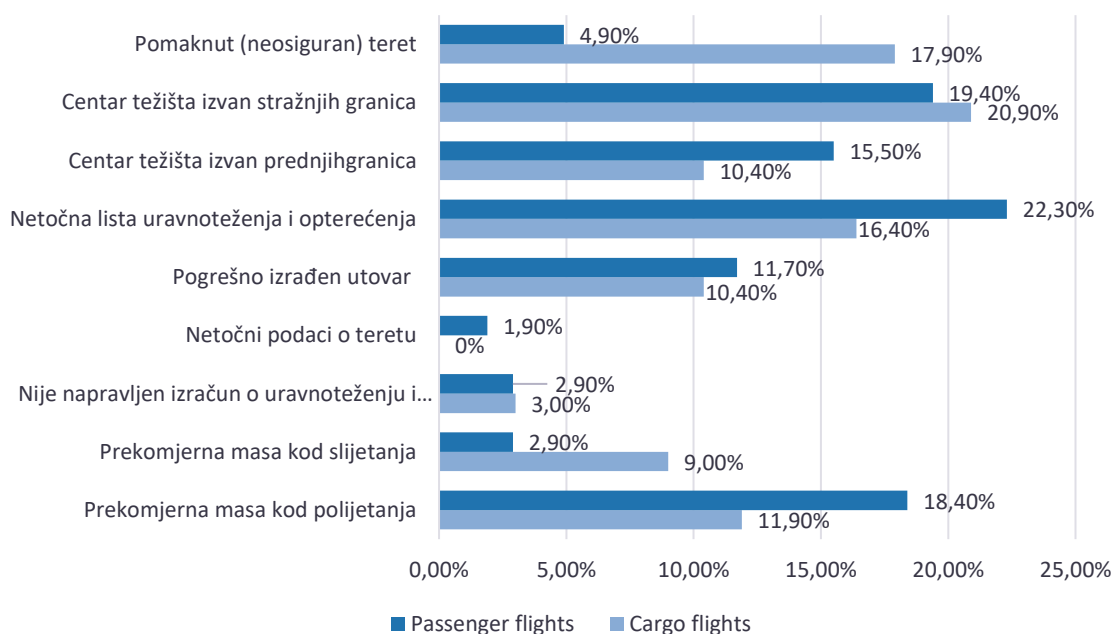
Konačni broj putnika od Službe za registraciju putnika i prtljage se dobiva 30 minuta prije leta. Vrlo je bitno dobiti ispravne informacije o broju muških, ženskih i djece kao i količini i masi njihove prtljage te poziciji (sekciji kabine) gdje sjede u zrakoplovu. Ako se u nakon zatvaranja šaltera za registraciju pojave dodani putnici, u rubriku LMC (*engl. Last minute change*) se dodaje količina prtljage i broj putnika. Ako nakon unosa navedenih informacija zrakoplov nije u centru težišta potrebno je napraviti promjenu u utovaru te izraditi novi izračun Liste uravnoteženja i opterećenja.

²⁰ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 200

4. Zrakoplovne nesreće uzrokovane nepravilnim izračunom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

Nepravilni izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova može dovesti do nesreće. Ako se utovari teret u prednji dio zrakoplova, centar težišta će biti naprijed i vršit će se opterećenje na prednji stajni trap.²¹ Dolazi do problema prilikom rotacije zrakoplova pri polijetanju te mu je potrebna veća brzina za polijetanje, a time i duža uzletno sletna staza. Veća brzina mu je potrebna i prilikom slijetanja što ugrožava sigurnost svih prisutnih u zrakoplovu kao i trećih osoba.

Kada se centar težišta nalazi u stražnjem dijelu zrakoplova dolazi do opterećenja glavnog stajnog trapa i može doći do oštećenja zrakoplova prilikom polijetanja. Isto tako ako težište padne u takozvanu „neutralnu točku“ zrakoplov se ponaša kao list papira u slobodnom padu.



Grafikon 1. Udio faktora u nesrećama uzrokovanim uravnoteženjem i opterećenjem

Izvor: [10]

²¹ Štimac, I.: Radni materijali, Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2018.

Prema grafikonu 1. vidljivo je da je pri putničkim letovima najviše zrakoplovnih nesreća, njih 22,30%, uzrokovano neispravnom izradom liste uravnoteženja i opterećenja, dok je kod teretnih letova najviše nesreća (20,90%) uzrokovano pomicanjem CG prema stražnjem dijelu zrakoplova.

4.1. Zrakoplovna nesreća Air Midwest let 5481

Air Midwest let 5481 je bio regularni let iz Charlotte, Sjeverna Karolina za Greenville, Južna Karolina. Ubrzo nakon polijetanja, 8. siječnja 2003, zrakoplov Beech 1900D se srušio, te je poginulo 19 putnika, 2 člana posade, dok je jedna osoba koja se nalazila u neposrednoj blizini dobila lakše ozljede. Dan ranije, 7. siječnja i let rano ujutro 8. siječnja, isti zrakoplov je letio bez ikakvih problema.

Nakon istrage, Državni odbor za cestovnu sigurnost Sjedinjenih Američkih Država (*engl. NTSB – National Transportation Safety Board*) zaključio je da je vjerojatni uzrok nesreće bio gubitak nagiba zrakoplova tijekom polijetanja koji je nastao spojem nepravilnog namještanja kontrolnog sustava kormila visine i pomicanja centra težišta zrakoplova unazad.

Prema dobivenim podacima od kontrolora opsluživanja, na letu su bile dozvoljene 32 prtljage, od kojih su 23 bile predane, a 8 ručne prtljage. Prema iskazu kontrolora opsluživanja, kapetan zrakoplova je bio obaviješten o dvjema izrazito teškim predanim prtljagama, iako nisu označene propisanom oznakom, za koje je kapetan rekao da se na letu nazali dijete te je dozvoljena veća masa prtljage. Također, prema iskazu kontrolora opsluživanja, volumno je 98% teretnog prostora bilo ispunjeno.

Dva dana prije nesreće, zrakoplov je bio na detaljnom mehaničkom pregledu (D6²²) koji uključuje između ostalog i pregled napetosti kontrolnog kabla kormila visine koji su obavljali zaposlenici koji su dobivali tzv. Obuku na radnom mjestu (*engl. On-the-job training – OJT*) te nikad nisu obavljali takav pregled. Kasnije je ustanovljeno da mehaničari nisu detaljno pregledali zrakoplov kako je propisano.²³

²² D6 mehanički pregled uključuje pregled krilca, kormila visine i kormila pravca.

²³ Aircraft Accident Report, Loss of Pitch Control During Takeoff Air Midwest Flight 5481 Raytheon (Beechcraft) 1900D, N233YV Charlotte, North Carolina, January 8, 2003, NTSB/AAR-04/01 PB2004-910401 Notation 7545B, Adopted February 26, 2004. Str. 1-4

Osnovna masa praznog zrakoplova je bila 4.668,83kg, centar težišta je određen je 7,17m prema zadnjem dijelu zrakoplova što odgovara 14,4% MAC. Operativna masa zrakoplova je bila 4.841,19 kg, masa putnika na letu 1.508,19 kg, masa u ormaru 4,54 kg, masa tereta u stražnjem bagažniku (AFT1) je bila 351,53 kg, a u stražnjem bagažniku (AFT2) 20,41kg. Masa zrakoplova bez goriva je bila 6.721,33 kg, masa goriva pri polijetanju 997,9 kg, a masa pri polijetanju 7.719,23 kg.

Prilikom zbrajanja, posada je napravila grešku od 4,54 kg te je zapravo masa zrakoplova bez goriva bila 6.725,87 kg, a masa pri polijetanju 7.723,77 kg. Maksimalna dozvoljena masa pri polijetanju za zrakoplov Beech 1900D je 7.765,5 kg.

Centar težišta unesrećenog leta je bio 81 (37,8% MAC), Air Midwestova granica je od 23 do 85 (16,7 do 39,2% MAC) dok je masa zrakoplova pri polijetanju 7.723,77 kg. Limit centra težišta u zadnjem dijelu za zrakoplov Beech 1900D je 40% MAC. Prema dostupnim podacima unesrećeni let je bio let s najvećim pomaknutim težištem unatrag.²⁴

Čimbenici koji su uzrokovali ovu nesreću su:

- Air Midwestov nedostatak nadzora nad radom koji je trebao biti obavljen u Huntingtonu, Zapadna Virginia, stanici za održavanje,
- Air Midwestova dokumentacija i procedure prilikom održavanja zrakoplova koja nije dovoljno objašnjavala proces provjere ispravnosti kontrolnog kabla kormila visine,
- Air Midwestov sustav za izračun uravnoteženja i opterećenja u vrijeme nesreće pri kojem se za izračun mase putnika uzimalo 79,38kg za odraslog čovjeka i 36,29kg za djecu od 2 do 12 godina,
- neuspjeh Raytheon Aerospace inspektora za osiguranje da otkrije nepravilno namještanje kontrolnog sustava kormila visine,
- FAA (*Federal Aviation Administration*) program za izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u kojem se uzimala prosječna masa putnika,
- FAA-ov nedostatak nadzora nad Air Midwestovim programom održavanja i programom za izračun uravnoteženja i opterećenja.²⁵

²⁴ Aircraft Accident Report, Loss of Pitch Control During Takeoff Air Midwest Flight 5481 Raytheon (Beechcraft) 1900D, N233YV Charlotte, North Carolina, January 8, 2003, NTSB/AAR-04/01 PB2004-910401 Notation 7545B, Adopted February 26, 2004. Str. 26-27

²⁵ Aircraft Accident Report, Loss of Pitch Control During Takeoff Air Midwest Flight 5481 Raytheon (Beechcraft) 1900D, N233YV Charlotte, North Carolina, January 8, 2003, NTSB/AAR-04/01 PB2004-910401 Notation 7545B, Adopted February 26, 2004. Str. 131

4.2. Zrakoplovna nesreća National Air Cargo B747-400 let N8-102

National Air Cargo Boeing 747-400 teretni zrakoplov se srušio 29. travnja 2013. ubrzo nakon polijetanja, slika 11. Trebao je letjeti iz Bagrama, Afganistan za Dubai Al Maktoum, Ujedinjeni Arapski Emirati. Na letu je bilo 7 članova posade, američki stanovnici, svi poginuli u nesreći. Zrakoplov je prevezio 5 vojnih vozila, 3 oklopna vozila (mase 18.000 kg svaki) i 2 minolovca (mase 13.000 kg svaki) ukupne mase 80.000 kg. Ovo je bio prvi put da National Air Cargo prevozi oklopna vozila mase 18.000 kg, te kopilot kao ni pilot nisu imali nikakvog iskustva sa prijevozom oklopnih vozila.

Teret je utovaren u zrakoplov u Camp Bastionu, udaljenom 300nm (555,6 km) od Bagrama gdje je sletio na nadopunu goriva, bez ukrcavanja dodatnog i iskrcavanja tereta koji je bio ukrcan u Camp Bastionu. No, prije polijetanja izvršena je još jedna kontrola.

Prema izjavama svjedoka, zrakoplov se nalazio na visini oko 1.200 ft (365,76 m) kada se nos zrakoplova naglo digao i zrakoplov je počeo gubiti na brzini te se srušio.



Slika 11. National Air Cargo B747-400F u trenutku nesreće
Izvor: [17]

Nakon istrage, ustanovljeno je da je uže kojim su vozila bila pričvršćena puklo, no nije poznato je li do puknuća došlo prije ili nakon polijetanja. Vozila su se pomaknula prema zadnjem dijelu zrakoplova što je dovelo do pomicanja centra težišta zrakoplova unatrag.

Daljnjom istragom došlo je i do saznanja da je jedan od članova posade obavijestio kapetana da je jedno uže slomljeno što je rezultiralo diskusijom o mogućoj preraspodijeli tereta i ponovnom osiguranju tereta, no nije poznato je li poduzeta ikakva mjera. Za pričvršćivanje oklopnih vozila korištena su 26, a za minolovce 24 užeta. Svako uže može držati 2.270 kg tereta.

Nacionalni odbor za sigurnost prometa je zaključio da je vjerojatni uzrok nesreće neadekvatna procedura prilikom pričvršćivanja posebne vrste tereta zbog koje se teret pomaknuo prema zadnjem dijelu zrakoplova i ošteti hidraulički sustav i mehaničke komponente horizontalnog stabilizatora.²⁶

4.3. Zrakoplovna nesreća Cessna T310Q

Grupa od petero ljudi je 27. veljače 2017. trebala napraviti kratki let od 482,8 km. Već u početku su naišli na prepreke kada pilot nije uspio upaliti motore zrakoplova. Tijekom drugog pokušaja počela je padati kiša i više nisu mogli letjeti prema vizualnim pravilima letenja (*engl. Visual Flight Rules, VFR*) već je pilot morao ispuniti plan leta za instrumentalno letenje (*engl. Instrumental Flight Rules, IFR*) što je značilo da putnici moraju napustiti zrakoplov već drugi put.

Prema izjavama svjedoka, pilot je izgledao nervozan i u žurbi. Meteorološki uvjeti su bili loši i nije poznato kada je pilot zadnji put letio u instrumentalnim meteorološkim uvjetima, no vjerojatno je da pilot nije bio u mogućnosti letjeti prema IFR-u jer nije bio upoznat s osnovnim procedurama prilikom planiranja leta prema IFR-u i moralo ga se voditi kroz cijelo očitovanje dopuštenja za izvedbu leta.

Nedugo nakon polijetanja zrakoplov se počeo nekontrolirano tresti, oglasilo se upozorenje za gubitak brzine i zrakoplov se srušio u obližnje predgrađe uništavajući dvije kuće. Samo je

²⁶Simon Hradecky, created on Apr 29th 2013, National Air Cargo B744 at Bagram on Apr 29th 2013, lost height shortly after takeoff following load shift and stall, dostupno na <http://avherald.com/h?article=46183bb4&opt=256> (pristupljeno 8.7.2019)

jedna osoba preživjela, tri osobe su poginule odmah prilikom nesreće, a četvrta je umrla u bolnici tjedan dana nakon. Nitko od trećih osoba nije ozlijeđen.

Zrakoplov je prelazio dozvoljenu maksimalnu masu pri polijetanju (MTOM), za 141,52 kg i njegov centar težišta je bio na prednjem dijelu zrakoplova. Iako je centar težišta bio unutar granica, zrakoplov je prelazio MTOM.

Prema izvješću NTSB-a vjerojatni uzrok nesreće je bio pilotov neuspjeh kontroliranja zrakoplova pri instrumentalnim meteorološkim uvjetima, kojemu je još pridonio pritisak ostalih putnika da se let obavi i prekoračenje MTOM.²⁷

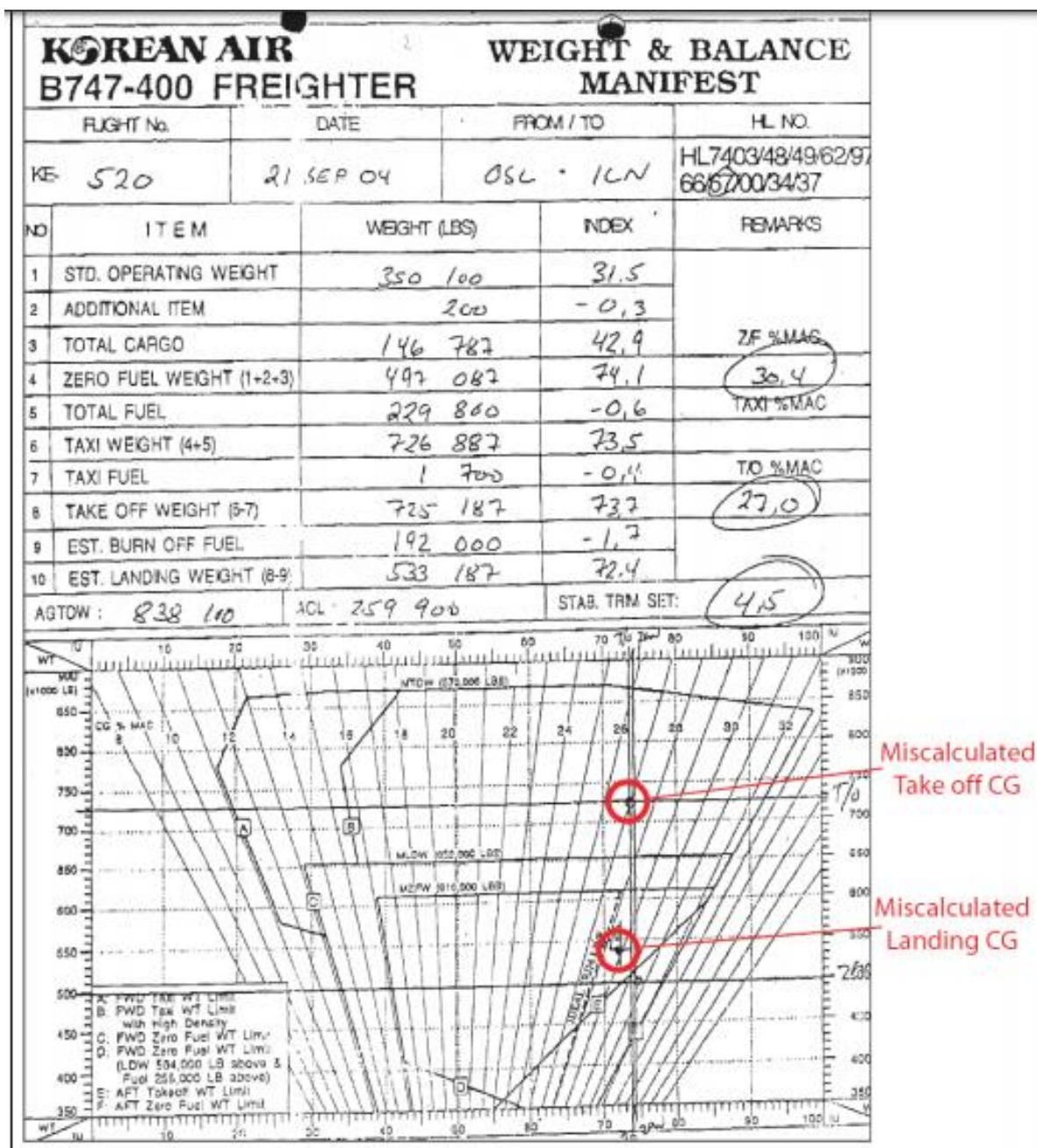
4.4. Zrakoplovna nezgoda Korean Air let KAL520

Korean Air-ov Boeing 747-400F teretni zrakoplov je 21. rujna 2004. išao iz zračne luke Oslo do Međunarodne zračne luke Incheon u Seoulu. Planiranje, sam utovar i izračun uravnoteženja i opterećenja je radilo osoblje Scandinavian Airlines (SAS).

Kod planiranja utovara osoba zaduženja za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova je zamijenio MAC postotak centra težišta kod suhe operativne mase i indeksni broj (IU). Teret je krivo utovaren i centar težišta je iznosio 37,8% MAC što je za 4,8% više od dopuštene granice, prikazano na slici 12. Pogrešku nije uočila ni osoba zaduženja za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, niti SAS Cargo i Korean Air zračni predstavnici, niti kapetan zrakoplova koji je potpisao listu uravnoteženja i opterećenja.²⁸

²⁷ https://www.nts.gov/ layouts/ntsb.aviation/brief.aspx?ev_id=20170227X34320&key=1 (18.07.2019.)

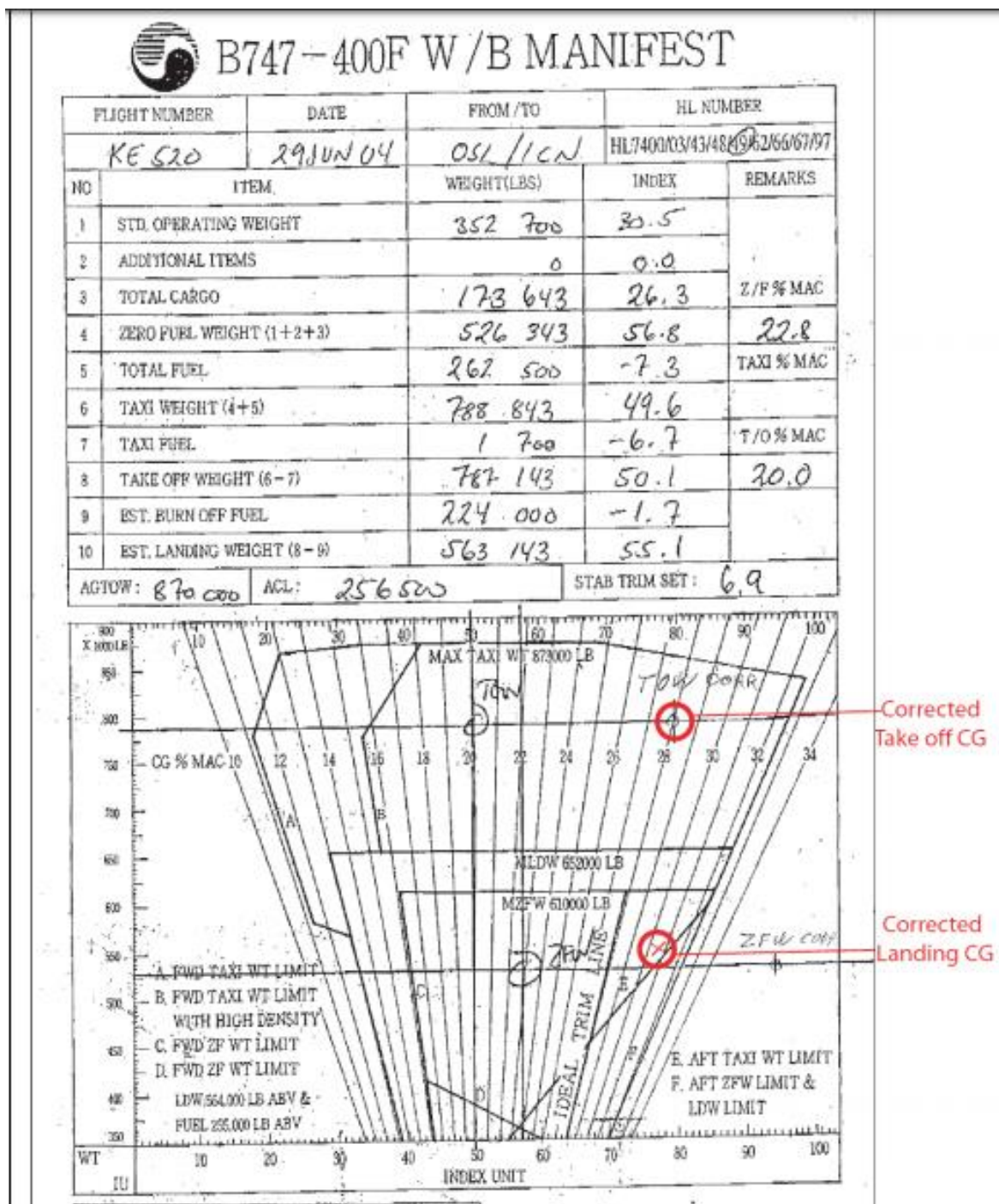
²⁸ <http://www.aviation-accidents.net/report-download.php?id=329> (22.07.2019.)



Slika 12. Pogrešna lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova
Izvor: [19]

Prilikom rulanja po voznoj stazi zrakoplov se je počeo rotirati prerano i nos zrakoplova se je spustio. Posada je uspješno poletjela no tijekom samog leta je sumnjala na pogrešni izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplova te je odlučila premjestiti palete. Nakon premještanja tereta, centar težišta za slijetanje je bio 40,2% MAC što je za 7,2% više od dopuštene granice za centar težišta smješten u zadnjem dijelu zrakoplova (slika 13).

Zrakoplov je uspješno sletio bez ozlijeđenih osoba ili većih oštećenja na samom zrakoplovu.²⁹



Slika 13. Ispravljena lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova
Izvor: [19]

²⁹ <http://www.aviation-accidents.net/report-download.php?id=329> (22.07.2019.)

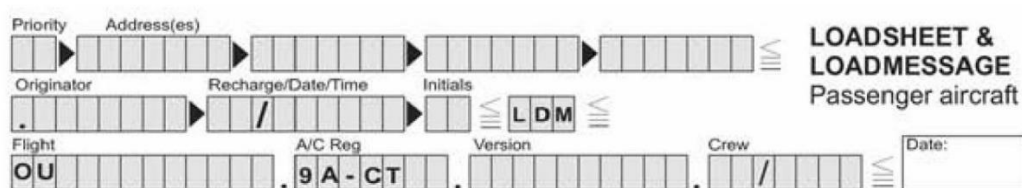
5. Simulacija pogrešnog izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova- studija slučaja

U ovom poglavlju će biti prikazana simulacija pogrešnog planiranja i neispravnog izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. U studiji slučaja će biti prikazan ispravan i neispravan izračun uravnoteženja i opterećenja zrakoplov Airbus A320.

5.1. Opis postupka izračuna uravnoteženja i opterećenja zrakoplova

Prvo se upisuju osnovni podaci, prikazani na slici 14., koji sadrže:

- Priority – dvoznamenkastu oznaku hitnosti
- Address – SITA adresu prema adresaru prijevoznika
- Originator – SITA adresu izdavatelja poruke
- Recharge/Date/Time – oznaku prijevoznika, datum i vrijeme leta
- Initials – inicijale osobe koja je izradila listu uravnoteženja i opterećenja
- Flight – broj leta
- A/C Registration – registraciju zrakoplova
- Version – tip zrakoplova
- Crew – broj članova letачke i kabinske posade



Slika 14. Osnovni podaci

Izvor: [12]

U drugom dijelu, prikazanom na slici 11., se izračunavaju težine potrebne za let. Prvo se upisuje suha operativna težina (*engl. Dry Operating Weight*) doda se gorivo koje je potrebno za polijetanje (*engl. Take-off Fuel*) te se dobije operativna težina zrakoplova (*engl. Operating Weight*).

DRY OPERATING WEIGHT						MAXIMUM WEIGHTS FOR					ZERO FUEL	TAKE-OFF	LANDING	
						TAKE-OFF FUEL					+			
TAKE-OFF FUEL	+											a	b	c
						ALLOWED WEIGHT FOR TAKE-OFF (Lowest of a, b or c)								
						OPERATING WEIGHT					-			
						ALLOWED TRAFFIC LOAD								

DEST	Number of PAX				TOTAL	DISTRIBUTION WEIGHT					REMARKS - PAX					
	M	F	CH	INF		1	3	4	5	0	C	M				
—					Tr											
					B											
					C											
					M											
	/	/	/		T	.1/	.3/	.4/	.5/	.0/						
—					Tr											
					B											
					C											
					M											
	/	/	/		T	.1/	.3/	.4/	.5/	.0/						

Slika 15. Broj putnika i masa tereta po odjeljcima
Izvor: [12]

Nadalje, upisuje se maksimalna masa zrakoplova bez goriva (*engl. Zero Fuel Mass*) kojoj se dodaje masa goriva koje je potrebno za polijetanje (*engl. Take-off Fuel*), masa zrakoplova pri polijetanju (*engl. Take-off Mass*) i masa zrakoplova pri slijetanju (*engl. Landing Mass*) kojoj se dodaje masa goriva potrebnog za cijelo putovanje (*engl. Trip Fuel*). Od tih vrijednosti odabire se najmanja dopuštena vrijednost mase zrakoplova za polijetanje (*engl. Allowed weight for take – off*) od koje se oduzima operativna masa zrakoplova (*engl. Operating weight*).

Slijedi upisivanje podataka o putnicima, njihovoj prtljazi, pošti i teretu koji se nalaze na letu te raspored po teretnim odjeljcima prema sljedećem redu:

- Odredišna zračna luka
- Ukupan broj muških putnika, ženskih putnika, djece i beba
- Ukupna težina tranzitne robe, prtljage, tereta i pošte (*engl. Transit, Baggage, Cargo, Mail*)
- Raspored mase prtljage, tereta i pošte po teretnim odjeljcima
- Broj putnika ovisno o klasi prijevoza (*engl. C – Business class, M – Economy class*).

U sljedećem dijelu, prikazanom na slici 16., počinje izračun težina zrakoplova. Broj putnika se pomnoži s njihovom težinom koja ovisi o spolu i dobi putnika navedenoj u tablici 1. te se tako dobije ukupna težina putnika koja se zbroji sa ukupnom težinom prtljage, tereta i pošte i tako se dobije ukupna masa tereta (*engl. Total Traffic load*) koja ne smije prekoračiti masu plaćenog tereta na letu.

		. / . / . / .T .1/ .3/ .4/ .5/ .0/													
TOTAL PASSANGER WEIGHT	+											ALLOWED TRAFFIC LOAD	Si ▶		
TOTAL TRAFFIC LOAD	=														
DRY OPERATING WEIGHT	+											UNDERLOAD BEFORE LMC			
ZERO FUEL WEIGHT	LMC											LAST MINUTE CHANGES			
MAX. [] [] [] [] []	±											DEST	SPECIF.	CAC/±	WEIGHT
TAKE-OFF FUEL	+														
TAKE-OFF WEIGHT	LMC														
MAX. [] [] [] [] []	±														
TRIP FUEL	-														
LANDING WEIGHT	LMC														
MAX. [] [] [] [] []	±											LMC TOTAL +/-			
												CHECK LMC TOTAL WITH UNDERLOAD			
												NOTES			
												TOTAL PASSENGERS:			
												PREPARED BY:			
												LOAD MASTER:			
												APPROVED BY:			

Slika 16. Tablica za izračun težina
Izvor: [12]

Na ukupnu masu tereta se nadoda suha operativna težina te se dobije stvarna težina zrakoplova bez goriva koja ne smije prekoračiti maksimalnu težinu zrakoplova bez goriva (*engl. Maximum Zero Fuel Mass*).

Na masu zrakoplova bez goriva dodaje se gorivo za polijetanje (*engl. Take-off Fuel*) te se tako dobije masa zrakoplova pri polijetanju (*engl. Take-off Mass*) koja također ne smije prekoračiti maksimalnu masu. Kada se od mase zrakoplova pri polijetanju oduzme gorivo potrebno za let (*engl. Trip Fuel*) dobije se težina zrakoplova pri slijetanju (*engl. Lading Mass*) čija se propisana vrijednost ne smije prekoračiti. Maksimalne dopuštene mase za zrakoplove Airbus A320 nacionalnog prijevoznika Croatia Airlines su navedene u tablici 4.³⁰

³⁰ Krvavica Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 prijevoznika Croatia Airlines“ Zagreb, 2018.

Tablica 4. Maksimalne dopuštene mase za zrakoplov A320

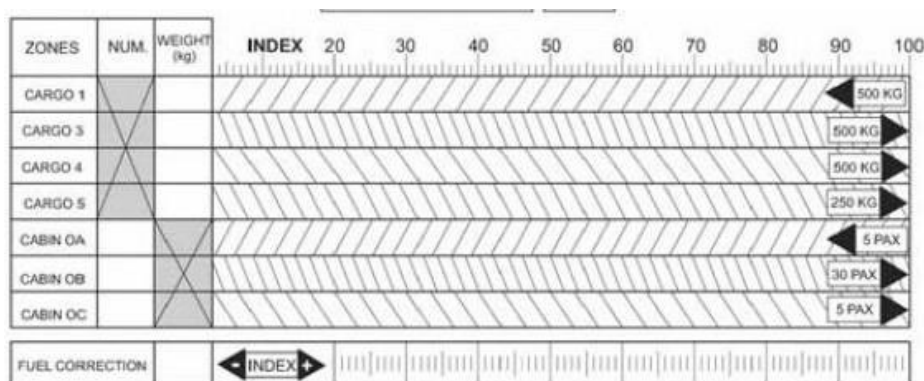
Registracija zrakoplova	Ramp/Taxi	Design Take- off	Zero fuel	Design landing
9A – CTJ	73.900	73.500	61.000	64.500
9A - CTK	73.900	73.500	61.000	64.500

Izvor: [15]

Od dozvoljene mase s kojom se zrakoplov smije opteretiti se oduzima masa s kojom je on zapravo opterećen te se dobije masa s kojom se zrakoplov još smije opteretiti u slučaju da dođe do promjena (*engl. LMC – Last minute change*). Ovisno o promjenama koje se dogode nakon izrade liste uravnoteženja i opterećenja je propisano je li je potrebno izrađivati novu:

- ako je masa do 300 kg, nastale promjene se upisuju u rubriku ali se ne ispravlja izračun,
- ako je masa 300 – 900 kg, nastale promjene se upisuju, te se prepravljaju mase,
- ako je masa veća od 900 kg mora se izraditi nova lista uravnoteženja i opterećenja.³¹

Potrebno je ispuniti i posebne napomene (*engl. Special Information*) i bilješke (*engl. Notes*) kao što su specijalne vrste tereta, prtljage ili pošte, koliko je prtljage utovareno u koji teretni odjeljak i u kojem ako postoji, je transferna prtljaga koja je potrebna putniku (invalidska kolica, dječja kolica, itd.). Na kraju je potrebno upisati ukupan broj putnika i potpisati dokument te se prelazi na grafički dio izračuna centra težišta zrakoplova, prikazanim na slici 17.

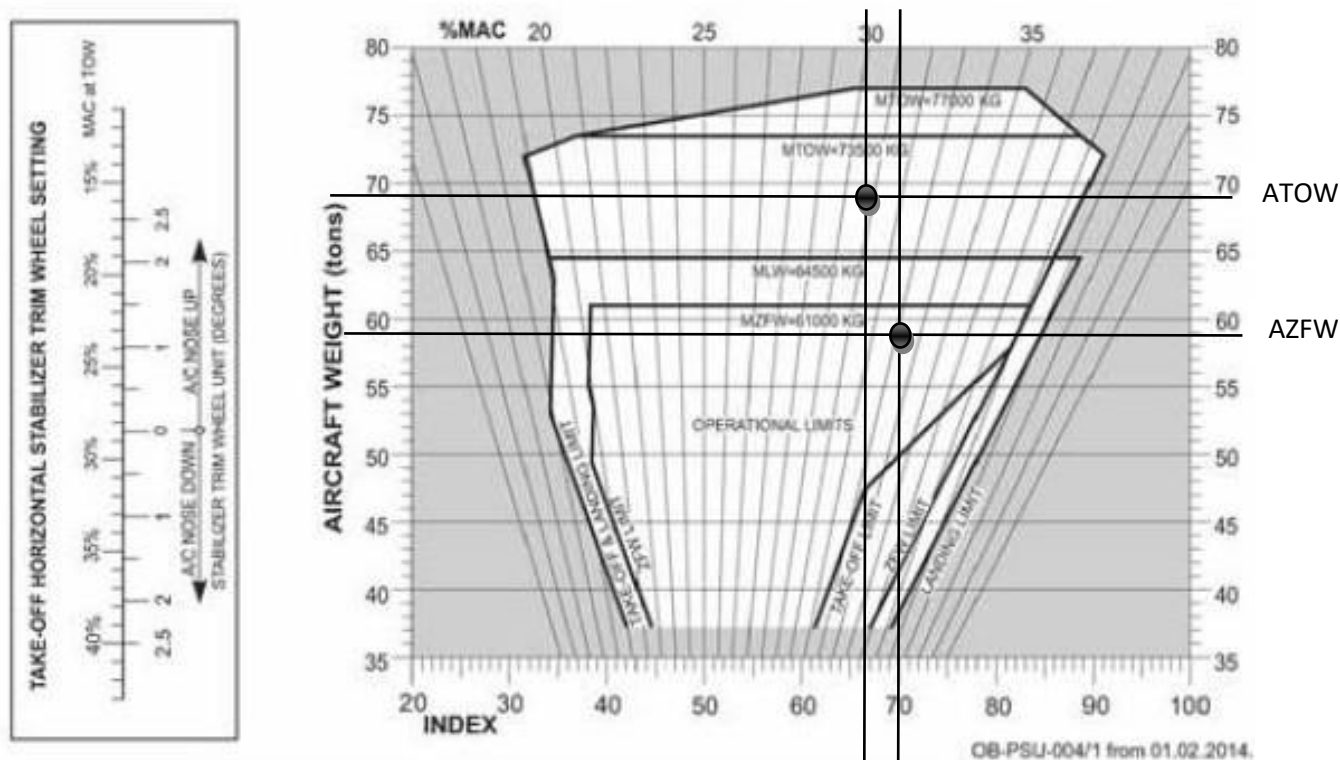


Slika 17. Raspored težina po teretnim odjeljcima i putničkoj kabini
Izvor: [12]

³¹ Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 199

Upisuje se:

- masa tereta po teretnim odjeljcima (Cargo 1, 4, 5),
- broj putnika raspoređen u prednji – A, srednji – B i zadnji – C dio zrakoplova,
- suhi operativni indeks (*engl. DOI – Dry Operating Index*) koji je propisan od proizvođača i prikazan na slici 10.
- spušta se okomita linija i pomiče lijevo ili desno ovisno o masi teretnog odjeljka,
- nakon teretnih odjeljaka linija se pomiče lijevo ili desno ovisno o broju putnika u dijelovima kabine,
- zatim se unosi korekcija goriva (*engl. Fuel correction*).




Slika 18. Balansni dijagram
Izvor: [12]

Linija iz prethodnog dijagrama se spušta dolje na sljedeći grafički prikaz, slika 18. i pomiče lijevo ili desno obzirom na korekciju goriva te se povlači još jedna paralelna linija.

Jedna horizontalna linija predstavlja stvarnu masu zrakoplova pri polijetanju (*engl. ATOM – Actual take-off mass*), a druga stvarnu masu zrakoplova bez goriva (*engl. AZFM – Actual zero fuel mass*). Očitava se vrijednost na gornjoj horizontalnoj liniji koja siječe lijevu okomitu

liniju. Na vertikalnoj skali se ucrtava postotak srednje aerodinamične tetive (*engl. Mean Aerodynamic Chord MAC%*) koja je dobivena križanjem okomitih i horizontalnih linija.

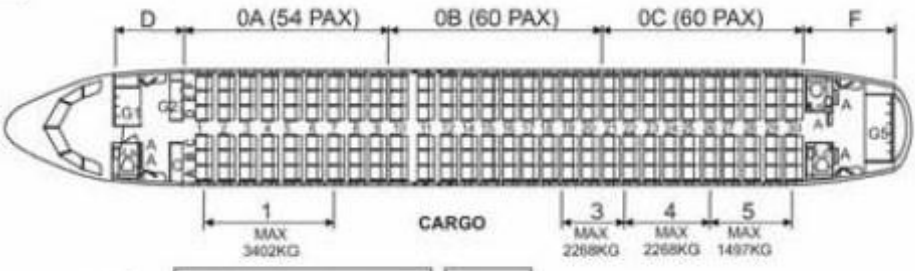
 CROATIA AIRLINES	<h2 style="margin: 0;">LOAD & TRIM SHEET</h2> <p style="margin: 0;">OB-PSU-004/1</p>	<h1 style="margin: 0;">A320-214</h1>
---	--	--------------------------------------

VER 174 PAX

Index at ZFW	
Index at TOW	

MAC at ZFW	%
MAC at TOW	%

INDEX CORRECTION ZONES



DRY OPERATING INDEX

Slika 19. Zone indeksnih korekcija
Izvor: [12]

Slijedi upis podataka koji se iščitavaju iz prethodno riješenog grafičkog prikaza, a prikazan je na slici 19. Upisuje se indeks pri masi zrakoplova bez goriva (*engl. Index at zero fuel weight*), indeks pri masi zrakoplova kod polijetanja (*engl. Index at take-off weight*), položaj srednje aerodinamične tetive (*engl. MAC – mean aerodynamic chord*) pri masi zrakoplova bez goriva, položaj srednje aerodinamične tetive (*engl. MAC – mean aerodynamic chord*) pri masi zrakoplova kod polijetanja se suhi operativni indeks (*engl. Dry operating index*).³²

5.2. Scenariji izrade lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A320

Pogrešno raspoređen teret može dovesti do izbacivanja zrakoplova iz centra težišta te tako dovesti do ugrožavanja sigurnosti zrakoplova, posade i putnika koji se u njemu nalaze.

³² Krvavica Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 prijevoznika Croatia Airlines“ Zagreb, 2018.

U tablici 5. prikazani su osnovni podaci za izradu liste uravnoteženja i opterećenja koji su nepromjenjivi, a u tablici 6. su prikazani scenariji kod kojih je zrakoplov A230 unutar i izvan dozvoljenih granica.

Tablica 5. Osnovni podaci za izradu liste uravnoteženja i opterećenja

Broj leta:	OU450
Polazište:	Zagreb (ZAG)
Odredište:	Amsterdam (AMS)
Tip zrakoplova:	A320-214
Registracija zrakoplova:	9ACTJ
Vrijeme polijetanja:	10:00
Verzija:	C18M156
Posada:	2+5
DOW:	43.744
DOI:	46,2
MZFM:	61.000
MTOM:	73.500
MLDM:	64.500
Block Fuel:	10.500
Taxi Fuel:	250
Take-off Fuel:	10.250
Trip Fuel:	7.000
Fuel correction indeks:	-3,1
Putnička kabina:	OA: 54 / OB: 60 / OC: 60
STVARAN BROJ	
Putnika:	Muški M 70 (6.160kg) Ženski F 55 (3.850kg) Djeca C 10 (350kg) Bebe IN 0 (0kg)
Prtljage:	Tranzitna Tr: 71 (1.320kg) Lokalna Loc: 68 (1.156kg) Ukupno: 139 (2.476kg)

Teret:	3.000kg
Pošta:	300kg

Izvor: Autorovo djelo

Tablica 6. Prikaz zrakoplova A320 unutar i izvan dozvoljenih granica

	A320 unutar dozvoljenih granica	A320 izvan dozvoljenih granica
Putnička kabina:	OA: 15 OB: 60 OC: 60	OA: 15 OB: 60 OC: 60
Prtljaga:	Tr: 1.320kg (prtljažni odjeljak 3) Loc: 1.156kg (prtljažni odjeljak 4)	Tr: 1.320kg (prtljažni odjeljak 5) Loc: 1.156kg (prtljažni odjeljak 4)
Teret:	3.000kg (prtljažni odjeljak 1)	2.000kg (prtljažni odjeljak 1) 1.000kg (prtljažni odjeljak 3)
Pošta:	300kg (prtljažni odjeljak 1)	300kg (prtljažni odjeljak 3)

Izvor: Autorovo djelo

5.2.1. Izrada liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A320 unutar dozvoljenih granica

Na temelju prethodno prikazanog postupka izrađena je lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova sa centrom težišta unutar dozvoljenih granica koja je prikazana na slici 20. Zrakoplov je nalazi unutar operativnih granica i siguran je za let. Na letu se nalazi 135 putnika i ukupno 2.476kg njihove prtljage, 3.000kg tereta i 300kg pošte. Većina putnika je smještena u stražnji dio zrakoplova, teret i pošta se nalaze u prtljažnom odjeljku 1, tranzitna prtljaga u prtljažnom odjeljku 3, a lokalna prtljaga u prtljažnom odjeljku 4. Iz dijagrama je vidljivo da se centar težišta nalazi u zadnjem dijelu zrakoplova na 32,1% MAC.

5.2.2. Izrada liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova Airbus A320 izvan dozvoljenih granica

U ovom slučaju raspored putnika je ostao isti, većina je smještena u stražnji dio zrakoplova. Tranzitna prtljaga se sada nalazi u teretnom odjeljku 5, lokalna prtljaga u teretnom odjeljku 4 gdje je bila i u prethodnom slučaju, 2.000kg tereta je u teretnom odjeljku 1, a pošta i ostalih 1.000kg tereta su u teretnom odjeljku 3. Centar težišta se nalazi na 39,1% MAC, dok je u prethodnom slučaju 32,1% MAC.

Iz dijagrama na slici 21. je vidljivo da se težište nalazi izvan operativnih granica u zadnjem dijelu zrakoplova, te zrakoplov nije u mogućnosti poletjeti. Opterećenje je preko glavnog stajnog trapa zrakoplova i može doći do oštećenja trupa zrakoplova te ukoliko dođe do polijetanja može uslijediti pad zrakoplova.

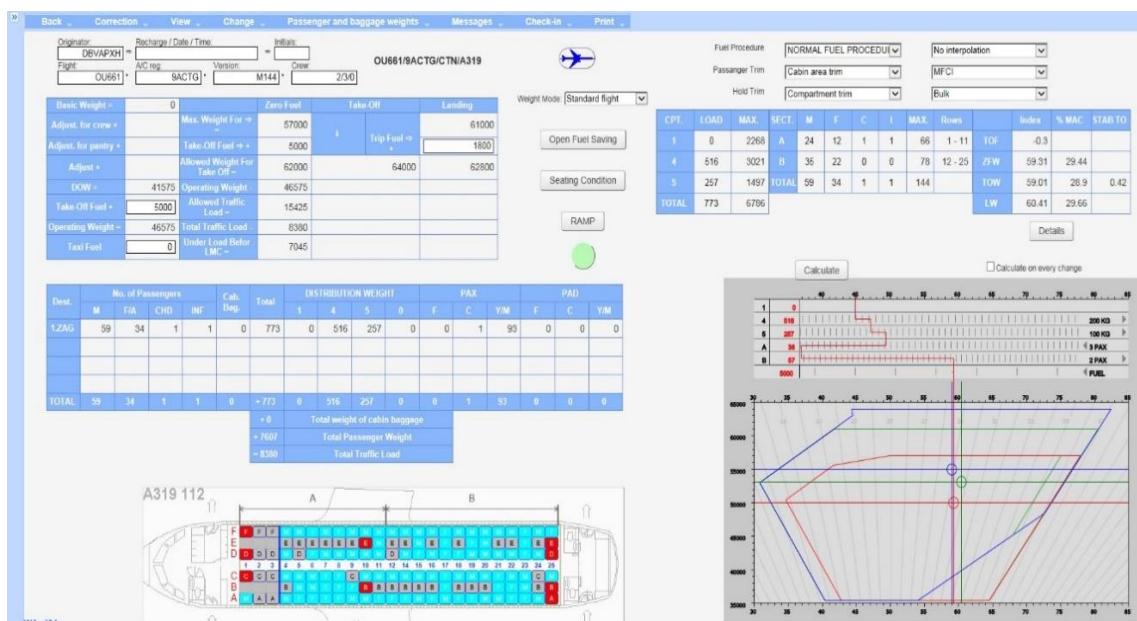
6. Unapređenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u funkciji sprječavanja zrakoplovne nesreće

Mnogo je čimbenika koji mogu uzrokovati zrakoplovnu nesreću. Prema prethodno navedenim slučajevima, krivi izračun liste uravnoteženja i opterećenja ne mora nužno biti sami uzrok. Ponekad uz to se nalaze i drugi čimbenici koji u slučaju da su sami ne bi možda uzrokovali zrakoplovnu nesreću.

U većini slučajeva je uzrok ljudska pogreška. Zrakoplovstvo je generalno industrija u kojoj je čovjek pod većim stresom nego na nekim drugim radnim mjestima. Vidljivo je da je vrlo bitno da se sve propisane procedure provode jer ono nešto što se čovjeku u tom trenu čini nevažnim kasnije može uzrokovati smrt nekoliko stotinjak ljudi.

Da bi se spriječile zrakoplovne nesreće kojima je uzrok nepravilan izračun uravnoteženja i opterećenja bilo bi poželjno zaposliti više radne snage kako bi se smanjio obujam posla i samim time smanjio stres pod kojim se nalaze osobe koje su zadužene za izračun liste uravnoteženja i opterećenja. No, zaposlenje novih ljudi dovodi do povećanja troškova.

Zračne luke u Republici Hrvatskoj za izradu Liste uravnoteženja i opterećenja koriste Niko Airport Software koji je sličan ručnoj listi, dok Međunarodna zračna luka Franjo Tuđman koristi čak 9 različitih programa. Na slici 22. je prikazana Lista uravnoteženja i opterećenja preko Niko Airport Software-a, a u tablici 7. sustavi koje koristi Međunarodna zračna luka Franjo Tuđman.



Slika 22. Lista uravnoteženja i opterećenja izrađena preko Niko Airport Software-a
Izvor: [16]

Tablica 7. Sustavi za uravnoteženje i opterećenje koje koristi Međunarodna zračna luka Franjo Tuđman

Sustavi za uravnoteženje i opterećenje	Zračni prijevoznici
Altea OU ramp FM (eng. Flight management) Air Transat Altea	Austrian Airlines Brussels Airlines Croatia Airlines Czech Airlines LOT Polish Airlines Lufthansa Swiss Airlines Air Transat
British Airways ramp FM KL ramp FM (VEGA) AF ramp FM (VEGA)	British Airways KLM Royal Dutch Airlines AF – Air France
LOT (Polish Airlines) altea IPOINT flight services MACS FM	LOT Polish Airlines Eurowings Germanwings Emirates

SN altea ramp FM CSA altea ramp FM	Brussels Airlines Czech Airlines
Turkish Troya	Turkish Airlines
QR altea ramp FM	Qatar Airways

Izvor: [20]

Implementacijom univerzalnog sustava za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, smanjila bi se mogućnost zrakoplovne nesreće uzrokovane krivim izračunom uravnoteženja i opterećenja. Mana korištenja više sustava je ta što ne može svaki zaposlenik koristiti određeni sustav ako nije prije prošao obuku i dobio licencu. To smanjuje broj ljudi koji bi mogli biti zaposleni. Također stvara se veći pritisak na zaduženu osobu jer u isto vrijeme mora paziti na više različitih zrakoplova u različitim sustavima za uravnoteženje i opterećenje.

Također korištenje istog sustava za rezervaciju karata, registraciju putnika i izradbu liste uravnoteženja i opterećenja bi uveliko smanjio vremenski period potreban da se izradi lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. U trenutku kada završi registracija putnika i prtljage potrebni podaci su vidljivi Uredu za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova i kapetanu zrakoplova koji bi također imao uvid u sam proces izradbe liste uravnoteženja i opterećenja i utovara i na vrijeme mogao upozoriti na krivi utovar. Tako bi se vjerojatnost ljudske pogreške smanjila.

Isto tako kada bi proizvođači zrakoplova implementirali sustav za uravnoteženje i opterećenje njihovog zrakoplova to bi uveliko smanjio broj sustava koji se koriste i smanjila bi se mogućnost pogreške prilikom izrade liste uravnoteženja i opterećenja. Nedostatak tog sustava bi bila cijena.

Prihvatanje putnika i prtljage nakon zatvaranja šaltera za registraciju putnika dovodi do uvođenja promjena u zadnji tren (LMC) koje uzimaju dodatno vrijeme za izračun i, ako je potrebno, izradbu nove liste uravnoteženja i opterećenja zrakoplova. Tu dolazi do žurbe prilikom ispravka i moguće prenošenja krivih informacija te tako dolazi do mogućeg ugrožavanja sigurnosti zrakoplova. Neprihvatanje takvih putnika i njihove prtljage bi znatno smanjio rizik od zrakoplovne nesreće.

7. Zaključak

Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova je vrlo bitan prilikom prihvata i otpreme zrakoplova. Cijeli proces započinje prikupljanjem informacija o putnicima i njihovoj prtljazi i teretu koji će se nalaziti na letu puno prije samog leta, lista uravnoteženja i opterećenja se izrađuje tek 10 min prije samog leta. Bitno je da sve informacije budu točne kako bi se pravilno izradila lista uravnoteženja i opterećenja jer o njima ovisi sigurnost svih prisutnih na letu.

Istraživanja su pokazala da je kod putničkih letova u segmentu uravnoteženja i opterećenja zrakoplova najviše zrakoplovnih nesreća, njih 22,30%, uzrokovano neispravnom izradom liste uravnoteženja i opterećenja, dok je kod teretnih letova najviše nesreća (20,90%) uzrokovano pomicanjem centra težišta prema stražnjem dijelu zrakoplova.

Prema navedenim zrakoplovnim nesrećama može se zaključiti da i nepravilno raspoređen teret u teretnim odjeljcima ili nepravilno pričvršćen teret može dovesti do kobnih posljedica. To je i prikazano u studiji slučaja, gdje se centar težišta nalazi na stražnjem dijelu zrakoplova, izvan operativnih granica što dovodi do nemogućnosti zrakoplova da poleti i do ugrožavanja sigurnosti zrakoplova i svih koji se nalaze u njegovoj blizini. Opterećenje je preko glavnog stajnog trapa zrakoplova i može doći do oštećenja trupa zrakoplova. Isto tako je bitno da se svi mehanički pregledi naprave točno kako je propisano jer ponekad uzrok nesreće nije samo balans zrakoplova nego kvar zrakoplov zajedno s zrakoplovom izbačenim iz centra težišta.

Implementacijom jedinstvenog sustava za izračun uravnoteženja i opterećenja koji je povezan i sa sustavom za registraciju putnika i prtljage ubrzao bi cijeli proces izračuna uravnoteženja i opterećenja, smanjio rizik od uvođenja pogrešnih podataka i samim time spriječio mogućnost zrakoplovne nesreće.

Pravilnom obukom osoblja koje je zaduženo za prihvata i otpremu zrakoplova, kao i kontrolama utovarenog tereta prije leta mogu se spriječiti zrakoplovne nesreće. Dodatno zaposlenje ljudi zaduženih za izračun liste uravnoteženja i opterećenja i korištenje jednog sustava rizik od pogreške prilikom izračuna bi se znatno smanjio.

LITERATURA

1. Aircraft Accident Report, Loss of Pitch Control During Takeoff Air Midwest Flight 5481 Raytheon (Beechcraft) 1900D, N233YV Charlotte, North Carolina, January 8, 2003, NTSB/AAR-04/01 PB2004-910401 Notation 7545B, Adopted February 26, 2004.
2. Boc, K. : Nastavni materijali, Predmet „Prihvat i otprema tereta i zrakoplova“, Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina, Velika Gorica, 2014.
3. Bračić, M., Pavlin, S: Radni materijal, Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
4. Hradecky, S., created on Apr 29th 2013, National Air Cargo B744 at Bagram on Apr 29th 2013, lost height shortly after takeoff following load shift and stall, dostupno na <http://avherald.com/h?article=46183bb4&opt=256> (8.7.2019.)
5. Hrženjak, T. : Završni rad „Unaprjeđenje procesa uravnoteženja i opterećenja zrakoplova u funkciji sigurnosti leta“ , Zagreb, 2018.
6. Krvavica Z. : Završni rad, „Proces uravnoteženja i opterećenja zrakoplova A319 prijevoznika Croatia Airlines“, Zagreb, 2018.
7. Majić, Z., Pavlin, S., Škurla Babić, R.: Tehnologija prihvata i otpreme tereta u zračnom prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
8. Pašagić Škrinjar, J., Štimac, I.: Nastavni materijali, Tehnologija prihvata i otpreme tereta i pošte, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
9. Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
10. Štimac, I.: Radni materijali, Uravnoteženje i opterećenje zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2018.
11. <http://rookieelectronics.com/the-aerodynamics-of-flight-how-does-a-plane-fly/> (15.07.2019.)
12. Međunarodna zračna luka Zagreb, Zagreb, 2014.
13. <https://passenger-manifest-form.pdfFiller.com/> (15.07.2019.)
14. Škurla Babić, R: Nastavni materijali, Tehnologija prihvata i otpreme putnika i prtljage, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
15. Croatia Airlines, Aircraft Data, A320-214 AHM 560
16. http://niko.hr/?page_id=98 (09.07.2019.)

17. https://www.liveleak.com/view?t=c32_1367332518 (18.07.2019.)
18. https://www.nts.gov/layouts/nts.aviation/brief.aspx?ev_id=20170227X34320&key=1 (18.07.2019.)
19. <http://www.aviation-accidents.net/report-download.php?id=329> (22.07.2019.)
20. Tomas, M. : Diplomski rad „Usporedna analiza programa za uravnoteženje i opterećenje zrakoplova“, Zagreb, 2018.

POPIS KRATICA

ALM (Actual Landing Mass) stvarna masa zrakoplova pri slijetanju

AOG (Aircraft on Ground) rezervni dijelovi zrakoplova

ATA (Air Transport Association of America) Udruženje zračnih prijevoznika Sjedinjenih Američkih Država

ATOM (Actual Take-off Mass) stvarna masa zrakoplova pri uzlijetanju

AVI (Live Animals) žive životinje

AWB (Air Waybill) zračni tovarni list

AZFM (Actual Zero Fuel Mass) stvarna masa zrakoplova bez goriva

BEM (Basic Empty Mass) osnovna masa praznog zrakoplova

BIG (Oversized items) velike pošiljke

BM (Basic Mass) osnovna masa zrakoplova

CG (Center of gravity) centar gravitacije

DOI (Dry Operating Index) suhi operativni indeks

DOM (Dry Operating Mass) suha operativna masa

EDT (Estimated Departure Time) procijenjeno vrijeme odlaska

FAA (Federal Aviation Administration) Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo

FOM (Flight Operation Manual)

GOM (Ground Operation Manual)

HEA (Heavy) teške pošiljke

HUM (Human Remains) posmrtni ostaci

IATA (International Air Transport Association) Udruženje civilnih zračnih prijevoznika

IATA DGR (IATA Dangerous goods regulations) IATA pravilnik o opasnoj robi

IFR (Instrumental Flight Rules) pravila za instrumentalno letenje

LEGL/LEGR/LEGB (Leg Left, Leg Right, Leg Both) putnik s lijevom/desnom/obje noge u gipsu

LHO (Live Human Organs/Blood) živi ljudski organi

LIR (Loading Instruction) plan utovara

LMC (Last minute change) promijene u zadnji trenutak

MAC (Mean Aerodynamic Chord) srednja aerodinamička tetiva

MDRM (Maximum Design Ramp Mass) maksimalna konstrukcijska masa zrakoplova na stajanci

MDTM (Maximum Design Taxi Mass) maksimalna konstrukcijska masa za vožnju po zemlji

MEDA (Medical) medicinski slučaj

MEM (Manufacturer's Empty Mass) tvornička masa praznog zrakoplova

MLM (Maximum Landing Mass) maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri slijetanju

MTOM (Maximum Take-off Mass) maksimalna konstruktivna masa zrakoplova pri polijetanju

MZFM (Maximum Zero Fuel Mass) maksimalna konstruktivna masa zrakoplova bez goriva

NOTOC (Notification to Captain) obavijest kapetanu

NTSB (National Transportation Safety Board) Državni odbor za cestovnu sigurnost Sjedinjenih Američkih Država

OJT (On-the-job training) obuka na radnom mjestu

OM (Operating Mass) operativna masa

OXYG (Oxygen) putnik koji za vrijeme leta treba bocu s kisikom

PER (Perishables) lakopokvarljiva roba

P/L (Payload) plaćeni teret

PRM (Passengers with Reduced Mobility) putnici sa smanjenom pokretljivošću

SOM (Station Operation Manual)

STCR (Stretcher) putnik na nosilima

UM (Unaccompanied Minor) nepraćeno dijete

VAL (Valuables) vrijednosne pošiljke

VFR (Visual Flight Rules) pravila za vizualno letenje

WCHC (Wheelchair Chair) potpuno nepokretan putnik koji treba kolica od/do zrakoplova, po stepenicama i do svojeg mjesta

WCHR (Wheelchair Ramp) putnik koji treba kolica od/do zrakoplova

WCHS (Wheelchair Stairs) putnik koji treba kolica od/do zrakoplova i po stepenicama

POPIS SLIKA

Slika 1. Sile koje djeluju na zrakoplov u letu	2
Slika 2. Odnos masa zrakoplova	5
Slika 3. Lista uravnoteženja i opterećenja za ručni izračun	9
Slika 4. Elektronski izrađena Lista uravnoteženja i opterećenja	10
Slika 5. Lista putnika	12
Slika 6. Teretni manifest	13
Slika 7. Zračni teretni list	14
Slika 8. NOTOC	16
Slika 9. Plan utovara	19
Slika 10. DGR tablica razdvajanja	23
Slika 11. National Air Cargo B747-400F u trenutku nesreće	28
Slika 12. Pogrešna lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova	31
Slika 13. Ispravljena lista uravnoteženja i opterećenja zrakoplova	32
Slika 14. Osnovni podaci	33
Slika 15. Broj putnika i masa tereta po odjeljcima	34
Slika 16. Tablica za izračun težina	35
Slika 17. Raspored težina po teretnim odjeljcima i putničkoj kabini	36
Slika 18. Balansni dijagram	37
Slika 19. Zone indeksnih korekcija	38
Slika 20. Primjer Liste uravnoteženja i opterećenja A320 unutar dopuštenih granica	41
Slika 21. Primjer Liste uravnoteženja i opterećenja s centrom težišta pomaknutom prema stražnjem dijelu zrakoplova	43
Slika 22. Lista uravnoteženja i opterećenja izrađena preko Niko Airport Software-a	45

POPIS TABLICA

Tablica 1. Masa putnika ovisno o njihovoj dobi i spolu	20
Tablica 2. Standardne mase posade	20
Tablica 3. Vremenski standard za Croatia Airlines	21
Tablica 4. Maksimalne dopuštene mase za zrakoplov A320	36
Tablica 5. Osnovni podaci za izradu liste uravnoteženja i opterećenja	39
Tablica 6. Prikaz zrakoplova A320 unutar i izvan dozvoljenih granica	40
Tablica 7. Sustavi za uravnoteženje i opterećenje koje koristi Međunarodna zračna luka Franjo Tuđman	45

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Udio faktora u nesrećama uzrokovanim uravnoteženjem i opterećenjem.....	25
--	----

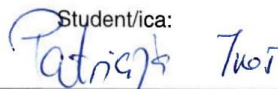


Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Istraživanje zrakoplovnih nesreća uzrokovanih nepravilnim
izračunom uravnoteženja i opterećenja zrakoplova**
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 09.08.2019 _____

Student/ica:

(potpis)